

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-286878

(43)Date of publication of application : 10.10.2003

(51)Int.Cl.

F02D 41/04  
F01N 3/02  
F01N 3/08  
F01N 3/10  
F01N 3/18  
F01N 3/20  
F01N 3/22  
F01N 3/24  
F01N 3/28  
F02D 21/08  
F02D 41/38  
F02D 41/40  
F02D 43/00  
F02M 25/07

(21)Application number : 2003-017401

(71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 27.01.2003

(72)Inventor : HAYASHI KOTARO  
MATSUSHITA SOICHI  
OKI HISASHI  
KOBAYASHI MASAOKI  
SHIBATA DAISUKE

(30)Priority

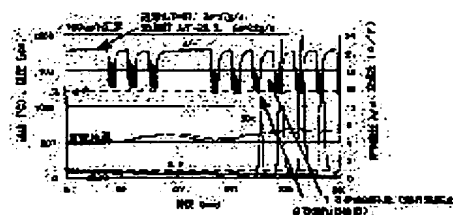
Priority number : 2002019161 Priority date : 28.01.2002 Priority country : JP

**(54) DEVICE AND METHOD FOR EXHAUST-EMISSION CONTROL OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE**

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a device and a method for exhaust-emission control of an internal combustion engine provided with a NO<sub>x</sub> catalyst in an exhaust path in which the NO<sub>x</sub> catalyst can be regenerated favorably from SO<sub>x</sub> poisoning irrespective of the operation condition of the internal combustion engine.

**SOLUTION:** An air-fuel ratio of exhaust gas is controlled firstly to a 1st predetermined air-fuel ratio at which the volume of discharged smoke is set at an allowable upper limit. Then, the exhaust ratio is intermittently controlled to a 2nd predetermined air-fuel ratio which is overrich richer than the 1st air-fuel ratio enabling the NO<sub>x</sub> catalyst to recover from SO<sub>x</sub> poisoning, and the temperature of the NO<sub>x</sub> catalyst is controlled in the range of predetermined temperatures in which the catalyst can be recovered from SO<sub>x</sub> poisoning and the degradation of the NO<sub>x</sub> catalyst is not accelerated.



(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-286878

(P2003-286878A)

(43) 公開日 平成15年10月10日 (2003. 10. 10)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	ターミナル* (参考)	
F 0 2 D 41/04	3 5 5	F 0 2 D 41/04	3 5 5	3 G 0 6 2
	3 8 0		3 8 0 M	3 G 0 8 4
	3 8 5		3 8 5 M	3 G 0 9 0
F 0 1 N 3/02	3 2 1	F 0 1 N 3/02	3 2 1 A	3 G 0 9 1
			3 2 1 B	3 G 0 9 2
審査請求 有 請求項の数21 O L (全 19 頁) 最終頁に続く				

(21) 出願番号 特願2003-17401 (P2003-17401)

(22) 出願日 平成15年1月27日 (2003. 1. 27)

(31) 優先権主張番号 特願2002-19161 (P2002-19161)

(32) 優先日 平成14年1月28日 (2002. 1. 28)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 林 孝太郎

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 松下 宗一

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74) 代理人 100089244

弁理士 遠山 勉 (外3名)

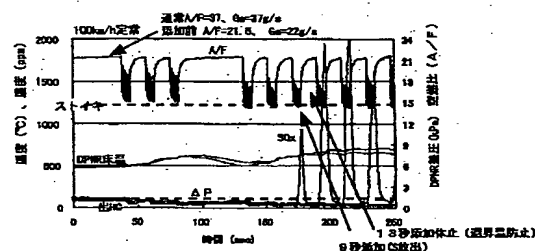
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内燃機関の排気浄化装置および排気浄化方法

## (57) 【要約】

【課題】 本発明の目的は、排気通路にNO<sub>x</sub>触媒を設けた内燃機関において、内燃機関の運転状態に係わらず、より好適にNO<sub>x</sub>触媒をSO<sub>x</sub>被毒から回復させることが可能な内燃機関の排気浄化装置および浄化方法を提供することである。

【解決手段】 排気ガスの空燃比を、最初に、排出されるスモークの量が許容量の上限となる第1の所定空燃比に制御し、その後、間欠的に、前記第1の所定空燃比よりも過濃でありNO<sub>x</sub>触媒のSO<sub>x</sub>被毒からの回復が可能となる第2の所定空燃比に制御すると同時に、NO<sub>x</sub>触媒の温度をNO<sub>x</sub>触媒のSO<sub>x</sub>被毒からの回復が可能であり、且つ、NO<sub>x</sub>触媒の劣化を促進しない所定温度範囲に制御する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 排気通路に設けられた NO<sub>x</sub> 触媒と、  
該 NO<sub>x</sub> 触媒の温度を検出する NO<sub>x</sub> 触媒温度検出手段と、

前記排気通路の排気ガスの空燃比を検出する排気空燃比検出手段と、

前記 NO<sub>x</sub> 触媒温度検出手段により検出された前記 NO<sub>x</sub> 触媒の温度と前記排気空燃比検出手段により検出された排気ガスの空燃比に基づき排気通路の排気ガスの空燃比を制御する排気空燃比制御手段と、を備え、

前記排気空燃比検出手段により検出された排気ガスの空燃比が第 1 の所定空燃比よりも過薄だった場合、前記排気空燃比制御手段は、排気ガスの空燃比を前記第 1 の所定空燃比に制御し、その後、間欠的に前記第 1 の所定空燃比よりも過濃であり前記 NO<sub>x</sub> 触媒の SO<sub>x</sub> 被毒からの回復が可能となる第 2 の所定空燃比に制御すると同時に、前記 NO<sub>x</sub> 触媒の温度を前記 NO<sub>x</sub> 触媒の SO<sub>x</sub> 被毒からの回復が可能であり、且つ、前記 NO<sub>x</sub> 触媒の劣化を促進しない所定温度範囲に制御することを特徴とする内燃機関の排気浄化装置。

【請求項 2】 前記内燃機関は、燃焼室内に供給される再循環排気ガス量を増大させた場合は煤の発生量が次第に増大してピークに達し、燃焼室内に供給される再循環排気ガス量を更に増大させた場合は燃焼室内における燃焼時の燃料およびその周囲のガス温が煤の生成温度よりも低くなって煤の発生量が抑制される第 1 の燃焼と、煤の発生量がピークとなる再循環排気ガス量よりも燃焼室内に供給される再循環排気ガス量が少ない第 2 の燃焼とを選択的に切替える切替手段を備えることを特徴とする請求項 1 記載の内燃機関の排気浄化装置。

【請求項 3】 前記内燃機関の燃焼室に供給される吸入空気量を制御するスロットル弁と、  
燃焼室に再循環される再循環排気ガス量を制御する再循環排気ガス制御弁と、をさらに備え、

前記排気空燃比制御手段は、前記スロットル弁または前記再循環排気ガス制御弁の少なくとも一方の開度を制御することによって排気ガスの空燃比を前記第 1 の所定空燃比に制御することを特徴とする請求項 1 または 2 記載の内燃機関の排気浄化装置。

【請求項 4】 前記排気空燃比制御手段は、排気ガスの空燃比を前記第 1 の所定空燃比に制御した後、前記内燃機関の燃焼室または排気通路の少なくとも一方への燃料の添加を制御することによって排気ガスの空燃比を間欠的に前記第 2 の所定空燃比に制御することを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の内燃機関の排気浄化装置。

【請求項 5】 前記排気空燃比制御手段によって制御される前記内燃機関の燃焼室または排気通路の少なくとも一方への燃料の添加は、前記 NO<sub>x</sub> 触媒温度検出手段により検出された前記 NO<sub>x</sub> 触媒の温度が、前記 NO<sub>x</sub> 触

媒の SO<sub>x</sub> 被毒からの回復が可能な温度より低い時に行われ、前記 NO<sub>x</sub> 触媒の劣化を促進する温度となる可能性がある時は休止されることを特徴とする請求項 4 記載の内燃機関の排気浄化装置。

【請求項 6】 前記排気空燃比制御手段によって制御される前記内燃機関の燃焼室への燃料の添加は、燃焼室内において機関出力を得るために噴射される主噴射以外の副噴射によって行われることを特徴とする請求項 4 または 5 記載の内燃機関の排気浄化装置。

10 【請求項 7】 前記排気空燃比制御手段によって制御される前記内燃機関の燃焼室への燃料の添加は、前記内燃機関の気筒内において機関出力を得るために燃焼される燃料が膨張行程または排気行程にあるときに、燃焼室内へさらに燃料を副噴射するポスト噴射によって行われることを特徴とする請求項 4 から 6 のいずれかに記載の内燃機関の排気浄化装置。

【請求項 8】 前記 NO<sub>x</sub> 触媒より上流側の排気通路に排気浄化触媒をさらに備えたことを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれかに記載の内燃機関の排気浄化装置。

20 【請求項 9】 前記 NO<sub>x</sub> 触媒より下流側の排気通路に設置された酸化触媒と、  
前記酸化触媒の温度を検出する酸化触媒温度検出手段と、をさらに備え、

前記酸化触媒温度検出手段により検出された前記酸化触媒の温度が所定温度よりも低い場合、前記排気空燃比制御手段によって前記内燃機関の燃焼室または排気通路の少なくとも一方への燃料の添加を制御することにより排気ガスの空燃比を間欠的に前記 NO<sub>x</sub> 触媒の SO<sub>x</sub> 被毒からの回復が可能となる前記第 2 の所定空燃比に制御する前に、前記酸化触媒の温度が前記所定温度以上となるよう前記内燃機関の燃焼室または排気通路の少なくとも一方への燃料の添加を制御することを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれかに記載の内燃機関の排気浄化装置。

【請求項 10】 前記排気空燃比制御手段は、前記内燃機関の燃焼室または排気通路の少なくとも一方へ添加する燃料の量または添加時間の間隔の少なくとも一方を、前記酸化触媒の温度に基づいて制御することを特徴とする請求項 9 記載の内燃機関の排気浄化装置。

40 【請求項 11】 前記 NO<sub>x</sub> 触媒より下流側の排気通路に設置された酸化触媒をさらに備え、  
前記排気空燃比制御手段により、前記酸化触媒より下流側の排気ガスの空燃比が所定空燃比より過薄となるよう排気ガスの空燃比を制御することを特徴とする請求項 1 から 10 のいずれかに記載の内燃機関の排気浄化装置。

【請求項 12】 前記 NO<sub>x</sub> 触媒より下流側、且つ、前記酸化触媒より上流側の排気通路に二次空気供給手段をさらに備えることを特徴とする請求項 11 記載の内燃機関の排気浄化装置。

50 【請求項 13】 前記 NO<sub>x</sub> 触媒または前記排気浄化触媒は酸素保持能力のない触媒であることを特徴とする

請求項 8 記載の内燃機関の排気浄化装置。

【請求項 14】 前記酸化触媒は酸素保持能力の高い触媒であることを特徴とする請求項 9 から 12 のいずれかに記載の内燃機関の排気浄化装置。

【請求項 15】 前記内燃機関において、前記第 1 の燃焼は低負荷領域で運転されているときに行われ、前記第 2 の燃焼は中高負荷領域で運転されているときに行われており、

前記低負荷領域においては、前記第 1 の燃焼を行うとともに燃焼室内の空燃比を制御することによって排気ガスの空燃比を前記第 2 の所定空燃比に制御するか、もしくは、前記第 1 の燃焼を行うとともに、燃焼室内の空燃比を制御することによって排気ガスの空燃比を前記第 1 の所定空燃比とした後、燃焼室または排気通路の少なくとも一方に燃料を添加することによって排気ガスの空燃比を前記第 2 の所定空燃比に制御するかのいずれかの制御を行うことにより前記 NOx 触媒の SOx 被毒からの回復が行われ、

前記中高負荷領域においては、第 2 の燃焼を行うとともに、燃焼室内の空燃比を制御することによって排気ガスの空燃比を前記第 1 の所定空燃比とした後、燃焼室または排気通路の少なくとも一方に燃料を添加することによって排気ガスの空燃比を間欠的に前記第 2 の所定空燃比に制御することにより前記 NOx 触媒の SOx 被毒からの回復が行われることを特徴とする請求項 2 記載の内燃機関の排気浄化装置。

【請求項 16】 排気通路に設けられた NOx 触媒を SOx 被毒から回復させるときに、最初に排気ガスの空燃比を第 1 の所定空燃比に制御し、その後、間欠的に前記第 1 の所定空燃比よりも過濃であり前記 NOx 触媒の SOx 被毒からの回復が可能となる第 2 の所定空燃比に制御すると同時に、前記 NOx 触媒の温度を、前記 NOx 触媒の SOx 被毒からの回復が可能であり、且つ、前記 NOx 触媒の劣化を促進しない所定温度範囲に制御することを特徴とする内燃機関の排気浄化方法。

【請求項 17】 前記内燃機関は、燃焼室に供給される吸入空気量を制御するスロットル弁と、燃焼室に再循環される再循環排気ガス量を制御する再循環排気ガス制御弁と、を備えており、前記スロットル弁または前記再循環排気ガス制御弁の少なくとも一方の開度を制御することによって排気ガスの空燃比を前記第 1 の所定空燃比に制御することを特徴とする請求項 16 記載の内燃機関の排気浄化方法。

【請求項 18】 排気ガスの空燃比を前記第 1 の所定空燃比に制御した後、前記内燃機関の燃焼室または排気通路の少なくとも一方への燃料の添加を制御することによって排気ガスの空燃比を間欠的に第 2 の所定空燃比に制御すると同時に、前記 NOx 触媒の温度を前記所定温度範囲に制御することを特徴とする請求項 16 または 17 記載の内燃機関の排気浄化方法。

【請求項 19】 排気通路に NOx 触媒を備え、燃焼室に供給される再循環排気ガス量を増大させた場合は煤の発生量が次第に増大してピークに達し、燃焼室に供給される再循環排気ガス量を更に増大させた場合は燃焼室内における燃焼時の燃料およびその周囲のガス温が煤の生成温度よりも低くなって煤の発生量が抑制される第 1 の燃焼と、煤の発生量がピークとなる再循環排気ガス量よりも燃焼室に供給される再循環排気ガス量が少ない第 2 の燃焼とが選択的に切換えられる内燃機関の排気浄化方法において、

前記内燃機関が前記第 2 の燃焼を行っているときに前記 NOx 触媒を SOx 被毒から回復させる場合、燃焼室内の空燃比を制御することによって排気ガスの空燃比を第 1 の所定空燃比とした後、燃焼室または排気通路の少なくとも一方への燃料の添加を制御することによって排気ガスの空燃比を間欠的に前記第 1 の所定空燃比よりも過濃であり前記 NOx 触媒の SOx 被毒からの回復が可能となる第 2 の所定空燃比に制御すると同時に、前記 NOx 触媒の温度を前記 NOx 触媒の SOx 被毒からの回復が可能であり、且つ、前記 NOx 触媒の劣化を促進しない所定温度範囲に制御し、

一方、前記内燃機関が前記第 1 の燃焼を行っているときに前記 NOx 触媒を SOx 被毒から回復させる場合、燃焼室内の空燃比を制御することによって排気ガスの空燃比を前記第 2 の所定空燃比に制御するか、もしくは燃焼室内の空燃比を制御することによって排気ガスの空燃比を前記第 1 の所定空燃比とした後、燃焼室または排気通路の少なくとも一方への燃料の添加を制御することによって排気ガスの空燃比を前記第 2 の所定空燃比に制御するかの少なくとも一方の制御を行うと同時に、前記 NOx 触媒の温度を前記所定温度範囲に制御することを特徴とする内燃機関の排気浄化方法。

【請求項 20】 前記内燃機関は、前記 NOx 触媒より下流側の排気通路に設置された酸化触媒を備えており、該酸化触媒の温度が所定温度よりも低い場合、前記内燃機関の燃焼室または排気通路の少なくとも一方への燃料の添加を制御することによって排気ガスの空燃比を間欠的に前記 NOx 触媒の SOx 被毒からの回復が可能となる前記第 2 の所定空燃比に制御する前に、前記酸化触媒の温度が前記所定温度以上となるよう前記内燃機関の燃焼室または排気通路の少なくとも一方への燃料の添加を制御することを特徴とする請求項 18 または 19 記載の内燃機関の排気浄化方法。

【請求項 21】 前記内燃機関は、前記 NOx 触媒より下流側の排気通路に設置された酸化触媒を備えており、該酸化触媒より下流の排気ガスの空燃比が所定空燃比よりも過薄となるよう排気ガスの空燃比を制御することを特徴とする請求項 16 から 20 のいずれかに記載の内燃機関の排気浄化方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、NO<sub>x</sub>触媒を有する内燃機関の排気浄化装置に係り、特にNO<sub>x</sub>触媒の硫黄酸化物(SO<sub>x</sub>)被毒からの回復技術に関する。

## 【0002】

【従来の技術】ディーゼル機関に代表される希薄燃焼式内燃機関では、窒素酸化物(NO<sub>x</sub>)や未燃燃料成分(HC、CO)の排出量を低減するため種々の対策が講じられている。

【0003】例えば、排気中のNO<sub>x</sub>を浄化するために、内燃機関の排気通路にNO<sub>x</sub>触媒を設けた排気浄化装置が知られている。

【0004】NO<sub>x</sub>触媒は、流入排気ガスの酸素濃度が高いとき、すなわち排気ガスの空燃比がリーンのとときにその排気ガス中に含まれるNO<sub>x</sub>を吸蔵し、流入排気ガスの酸素濃度が低いとき、すなわち排気ガスの空燃比がリッチのとときにその吸蔵していたNO<sub>x</sub>を二酸化窒素NO<sub>2</sub>や一酸化窒素NOの形で排気ガス中に還元・放出し、同時にそのNO<sub>2</sub>やNOを排気ガス中に含まれている未燃燃料成分CO、HCと酸化反応せしめることで窒素N<sub>2</sub>に浄化する排気浄化作用を備えている。

【0005】ところで、NO<sub>x</sub>触媒は、NO<sub>x</sub>と同様に排気ガス中に硫黄酸化物(SO<sub>x</sub>)が含まれているとこのSO<sub>x</sub>も吸蔵する性質を有している。しかも、SO<sub>x</sub>はNO<sub>x</sub>に比べてNO<sub>x</sub>触媒に安定的に吸蔵されてしまうため、NO<sub>x</sub>よりも還元されにくく、NO<sub>x</sub>触媒に吸蔵され続けてしまうという傾向がある。この結果、NO<sub>x</sub>触媒に吸蔵されるSO<sub>x</sub>量が増加し、その分NO<sub>x</sub>を吸蔵できなくなり、NO<sub>x</sub>触媒のNO<sub>x</sub>吸蔵能が低下し、本来の排気浄化作用が害される(以下、この現象をSO<sub>x</sub>被毒と称する)。

【0006】そのため、従来より、NO<sub>x</sub>触媒をSO<sub>x</sub>被毒から回復させる、いわゆるSO<sub>x</sub>被毒回復制御が行われている。

【0007】NO<sub>x</sub>触媒に吸蔵されたSO<sub>x</sub>を放出・還元させるためには、NO<sub>x</sub>触媒の温度をNO<sub>x</sub>還元時よりも高温とし、且つ、周囲雰囲気を理論空燃比あるいはリッチ空燃比とする必要がある。

【0008】そこで、内燃機関の運転状態が酸素過剰排気で且つ排気ガスあるいはNO<sub>x</sub>触媒が高温時である時に、NO<sub>x</sub>触媒に流入する排気ガスの酸素濃度を低下させる排気酸素濃度制御手段を備えた内燃機関の排気浄化装置が知られている(例えば、特許文献1参照。)

【0009】また、燃焼室内に供給される再循環排気ガス量を増大させた場合は煤の発生量が次第に増大してピークに達し、燃焼室内に供給される再循環排気ガス量を更に増大させた場合は燃焼室内における燃焼時の燃料およびその周囲のガス温が煤の生成温度よりも低くなって煤の発生量が抑制される第1の燃焼(以下、低温燃焼と

称する)と、煤の発生量がピークとなる再循環排気ガス量よりも燃焼室内に供給される再循環排気ガス量が少ない第2の燃焼(以下、通常燃焼と称する)とを選択的に切替える内燃機関において、低温燃焼が行われているときに、NO<sub>x</sub>触媒のSO<sub>x</sub>被毒からの回復を行う技術が知られている。

【0010】低温燃焼においては、燃焼温度が低いため燃焼室内の空燃比を理論空燃比よりもリッチな空燃比としてもスモークはほとんど発生しない。そのため、NO<sub>x</sub>触媒に吸蔵されているSO<sub>x</sub>が許容量を超えたときには、低温燃焼を行うと同時に、燃焼室内の空燃比をリッチ空燃比とすることによって、排気ガスの空燃比をリッチ空燃比とすると共に、NO<sub>x</sub>触媒を昇温させることにより、NO<sub>x</sub>触媒をSO<sub>x</sub>被毒から回復させる(例えば、特許文献2参照。)

## 【0011】

【特許文献1】特開平6-88518号公報

【特許文献2】特許第3104692号公報

## 【0012】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、NO<sub>x</sub>触媒をSO<sub>x</sub>被毒から回復させるには、NO<sub>x</sub>触媒の温度をNO<sub>x</sub>還元時よりも高温とし、且つ、周囲雰囲気を理論空燃比あるいはリッチ空燃比とする必要がある。

【0013】しかしながら、周囲雰囲気の空燃比を小さくするとNO<sub>x</sub>触媒は昇温するため、排気ガスあるいはNO<sub>x</sub>触媒が高温時である時に、排気ガスの酸素濃度を低下させた場合、NO<sub>x</sub>触媒の温度が過剰に高くなり、NO<sub>x</sub>触媒の劣化を招く虞がある。

【0014】また、低温燃焼と通常燃焼とを選択的に切替える内燃機関においては、燃焼室への吸入空気量が一定量を超えると低温燃焼を行うことは不可能となるため、中高負荷運転時には低温燃焼を行うことは出来ず、さらに、通常燃焼では燃焼室内の空燃比をリッチ空燃比または理論空燃比とするとスモークが多量に排出される虞がある。

【0015】そこで、本発明の目的は、排気通路にNO<sub>x</sub>触媒を設けた内燃機関において、内燃機関の運転状態に係わらず、より好適にNO<sub>x</sub>触媒をSO<sub>x</sub>被毒からの回復させることが可能な内燃機関の排気浄化装置および浄化方法を提供することである。

## 【0016】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記課題を解決するために以下のような手段を採用した。即ち、本発明は、排気ガスの空燃比を、最初に、排出されるスモークの量が許容量の上限となる所定空燃比に制御し、その後、間欠的にリッチ空燃比または理論空燃比とすると共に、NO<sub>x</sub>触媒の温度を昇温させNO<sub>x</sub>触媒からSO<sub>x</sub>を放出させるものである。

【0017】そこで、本発明に係る内燃機関の排気浄化装置は、排気通路に設けられたNO<sub>x</sub>触媒と、該NO<sub>x</sub>

10

20

30

40

50

触媒の温度を検出するNO<sub>x</sub>触媒温度検出手段と、前記排気通路の排気ガスの空燃比を検出する排気空燃比検出手段と、前記NO<sub>x</sub>触媒温度検出手段により検出された前記NO<sub>x</sub>触媒の温度と前記排気空燃比検出手段により検出された排気ガスの空燃比に基づき排気通路の排気ガスの空燃比を制御する排気空燃比制御手段と、を備え、前記排気空燃比検出手段により検出された排気ガスの空燃比が第1の所定空燃比よりも過薄だった場合、前記排気空燃比制御手段は、排気ガスの空燃比を前記第1の所定空燃比に制御し、その後、間欠的に、前記第1の所定空燃比よりも過濃であり前記NO<sub>x</sub>触媒のSO<sub>x</sub>被毒からの回復が可能となる第2の所定空燃比に制御すると同時に、前記NO<sub>x</sub>触媒の温度を前記NO<sub>x</sub>触媒のSO<sub>x</sub>被毒からの回復が可能であり、且つ、前記NO<sub>x</sub>触媒の劣化を促進しない所定温度範囲に制御する構成とした。

【0018】上記構成において、第1の所定空燃比は排出されるスモークの量が許容量の上限となる空燃比とするのが好ましく、第2の所定空燃比はリッチ空燃比または理論空燃比としても良い。

【0019】上記構成によれば、排気ガスの空燃比を第1の所定空燃比とした後、間欠的に第2の所定空燃比とすることによって、内燃機関の運転状態に係わらず、スモークの排出を抑制しつつNO<sub>x</sub>触媒をSO<sub>x</sub>被毒から回復させることが出来る。

【0020】また、排気ガスの空燃比が小さくなるとNO<sub>x</sub>触媒の温度は上昇し、周囲雰囲気のリッチ空燃比または理論空燃比の状態、吸蔵されているSO<sub>x</sub>が還元・放出される温度（例えば、600℃以上）にまで昇温されるとNO<sub>x</sub>触媒のSO<sub>x</sub>被毒回復がなされるが、高温となりすぎる（例えば、700℃以上）とNO<sub>x</sub>触媒の劣化が促進される。そのため、排気ガスの温度が高い状態で、NO<sub>x</sub>触媒の周囲雰囲気を継続的にリッチ空燃比または理論空燃比とするとNO<sub>x</sub>触媒の劣化を招く虞がある。

【0021】そこで、排気ガスの空燃比を間欠的にリッチ空燃比または理論空燃比とすることによって、NO<sub>x</sub>触媒の温度を上昇させるとともに過昇温を防止する。そのため、NO<sub>x</sub>触媒の温度をSO<sub>x</sub>被毒からの回復が可能であり、且つ、劣化が促進されない温度に制御することが出来る。

【0022】また、最初に排気ガスの空燃比を第1の所定空燃比とすることによって、より正確に、且つ、より早く排気ガスの空燃比を第2の所定空燃比に制御することが可能となる。従って、排気ガスが過剰にリッチな空燃比となることによるNO<sub>x</sub>触媒の過昇温や未燃成分の排出を防止することが出来るとともに、NO<sub>x</sub>触媒をSO<sub>x</sub>被毒からより速やかに回復させることが出来る。

【0023】また、排気ガスの空燃比が間欠的にリッチ空燃比または理論空燃比に制御されるということは、言い換えると排気ガスの空燃比は間欠的にリーン空燃比と

なる。そのため、NO<sub>x</sub>触媒がパティキュレートフィルタ等の酸素保持能力を備え排気ガス中の微粒子（例えば、煤）を酸化し浄化せしめる触媒であった場合、理論空燃比またはリッチ空燃比の排気ガスとリーン空燃比の排気ガスとが交互に流入することによって煤等の微粒子が浄化されることになるため、より効果的にスモークの排出を抑制しつつNO<sub>x</sub>触媒をSO<sub>x</sub>被毒から回復させることが出来る。

【0024】上記したような内燃機関の排気浄化装置を、燃焼室内に供給される再循環排気ガス量を増大させた場合は煤の発生量が次第に増大してピークに達し、燃焼室内に供給される再循環排気ガス量を更に増大させた場合は燃焼室内における燃焼時の燃料およびその周囲のガス温が煤の生成温度よりも低くなって煤の発生量が抑制される第1の燃焼と、煤の発生量がピークとなる再循環排気ガス量よりも燃焼室内に供給される再循環排気ガス量が少ない第2の燃焼とを選択的に切替える切替手段を備えた内燃機関に適用しても良い。

【0025】ここで、第1の燃焼は低温燃焼であり、第2の燃焼は通常燃焼である。

【0026】つまり、本発明に係る内燃機関の排気浄化装置によれば、例えば、ディーゼル機関等のような、アイドリング時または低負荷運転時には低温燃焼を行い、中高負荷運転時には通常燃焼を行う内燃機関であっても、運転状態にかかわらずNO<sub>x</sub>触媒をSO<sub>x</sub>被毒から回復させることが出来る。

【0027】また、本発明に係る内燃機関の排気浄化装置において、燃焼室に供給される吸入空気量を制御するスロットル弁と、燃焼室に再循環される再循環排気ガス（以下、EGRガスと称する）量を制御する再循環排気ガス制御弁と、が備えられている場合、スロットル弁または再循環排気ガス制御弁の少なくとも一方の開度を制御することによって排気ガスの空燃比を第1の所定空燃比に制御しても良い。

【0028】つまり、燃焼室に流入する吸入空気量またはEGRガス量の少なくとも一方を制御することにより燃焼室内の空燃比を第1の空燃比に制御し、それによって排気ガスの空燃比を第1の空燃比に制御することが出来る。

【0029】また、本発明に係る内燃機関の排気浄化装置において、排気ガスの空燃比を第1の所定空燃比に制御した後、内燃機関の燃焼室または排気通路の少なくとも一方への燃料の添加を制御することによって排気ガスの空燃比を間欠的に第2の所定空燃比に制御すると同時に、NO<sub>x</sub>触媒の温度を所定温度範囲に制御しても良い。

【0030】つまり、内燃機関の燃焼室または排気通路の少なくとも一方へ燃料を間欠的に添加することによって排気ガスの空燃比を間欠的に第2の所定空燃比に制御することが出来、また同時にNO<sub>x</sub>触媒の温度を所定温

度範囲に制御することが出来る。

【0031】ここで、本発明に係る内燃機関の排気浄化装置において、排気ガスの空燃比を間欠的に第2の空燃比に制御するために行われる内燃機関の燃焼室または排気通路の少なくとも一方への燃料の添加は間欠的に行われ、NO<sub>x</sub>触媒の温度が、NO<sub>x</sub>触媒のSO<sub>x</sub>被毒からの回復が可能な温度より低い時には燃料が添加され、NO<sub>x</sub>触媒の劣化を促進する温度となる可能性がある時は燃料の添加は休止される構成としても良い。

【0032】燃料の添加が休止されると、排気ガスの空燃比が大きくなり、NO<sub>x</sub>触媒の温度は急速に低下するため、NO<sub>x</sub>触媒の劣化を抑制することが出来るとともに次の燃料添加が可能となる。従って、上記のように燃料の添加と添加休止とを繰り返すことによってNO<sub>x</sub>触媒をSO<sub>x</sub>被毒から回復させるとともにNO<sub>x</sub>触媒の劣化を抑制することが出来る。

【0033】また、本発明に係る内燃機関の排気浄化装置において、内燃機関の燃焼室へ燃料の添加は、燃料室内において機関出力を得るために噴射される主噴射以外の副噴射によって行われる構成としても良い。

【0034】主噴射以外の副噴射としては、例えば、気筒内において機関出力を得るために燃焼される燃料が膨張行程または排気行程にあるときに燃焼室内へさらに燃料を噴射するポスト噴射を例示することが出来る。

【0035】また、本発明に係る内燃機関の排気浄化装置においては、SO<sub>x</sub>被毒から回復させるNO<sub>x</sub>触媒より上流側の排気通路に排気浄化触媒をさらに備える構成としても良い。

【0036】この構成によれば、排気中に含まれるNO<sub>x</sub>や未燃成分(CO、HC)等が、NO<sub>x</sub>触媒の上流側に配置された排気浄化触媒において酸化または還元されるため、その反応熱によりSO<sub>x</sub>被毒から回復させるNO<sub>x</sub>触媒の温度分布をNO<sub>x</sub>触媒単体の時よりも均一にすることが出来る。そのため、SO<sub>x</sub>被毒から回復させるためのNO<sub>x</sub>触媒の温度制御が容易となる。

【0037】本発明に係る排気浄化装置においては、NO<sub>x</sub>触媒より下流側の排気ガスに含まれている未燃成分を浄化するするために、NO<sub>x</sub>触媒より下流側の排気通路に酸化触媒をさらに備えた構成としても良い。

【0038】また、この構成においては、NO<sub>x</sub>触媒より下流に設置された酸化触媒の温度に基づき、内燃機関の燃焼室または排気通路への燃料添加を制御しても良い。

【0039】例えば、酸化触媒の温度が低い場合、排気ガスの空燃比をNO<sub>x</sub>触媒のSO<sub>x</sub>被毒からの回復が可能となる第2の所定空燃比に制御する前に、酸化触媒の温度が活性温度となるように内燃機関の燃焼室または排気通路の少なくとも一方への燃料添加を行う。

【0040】つまり、上記構成によれば、NO<sub>x</sub>触媒より下流に設置された酸化触媒の排気浄化能力が高まった

後でNO<sub>x</sub>触媒からのSO<sub>x</sub>被毒回復を行うことになるため、未燃成分の排出を低減することが出来る。

【0041】また、上記構成において、酸化触媒を昇温させるための燃料添加は間欠的に行われ、添加する燃料の量または添加時間の間隔の少なくとも一方を、酸化触媒の温度に基づいて制御しても良い。

【0042】例えば、酸化触媒の温度が低い程、添加する燃料の量を多くし、また、燃料を添加するときの時間間隔を長くしても良い。

【0043】このような制御により、酸化触媒を速やかに活性温度まで昇温させることが出来る。

【0044】また、本発明に係る内燃機関の排気浄化装置において、NO<sub>x</sub>触媒より下流側の排気ガスに含まれている未燃成分を浄化するするために、NO<sub>x</sub>触媒より下流側の排気通路に酸化触媒をさらに備えた場合、該酸化触媒より下流側の排気ガスの空燃比が所定空燃比以上となるよう排気ガスの空燃比を制御しても良い。

【0045】例えば、酸化触媒の酸化能力が低下し、酸化触媒より下流側の排気ガスの空燃比が所定空燃比よりリッチとなる可能性があるときは、内燃機関の燃焼室または排気通路の少なくとも一方への燃料添加を減らすか、または、休止する等の制御により、排気ガスの空燃比を上昇させる。

【0046】このような制御によりNO<sub>x</sub>触媒より下流側に設置された酸化触媒の排気浄化能力が低下した状態で排気ガスの空燃比が過剰にリッチになることを防ぐことが出来、そのため未燃成分の排出を抑制することが出来る。

【0047】また、本発明に係る内燃機関の排気浄化装置において、NO<sub>x</sub>触媒より下流側であり、且つ、酸化触媒より上流側の排気通路に二次空気供給手段をさらに備えた構成としても良い。

【0048】上記構成によれば、例えば、NO<sub>x</sub>触媒がSO<sub>x</sub>被毒から回復しやすいように、内燃機関の燃焼室または排気通路への燃料添加を若干多めに行った場合、それに伴ってNO<sub>x</sub>触媒より下流の排気ガス中の未燃成分を酸化触媒によって浄化するために必要となる酸素(O<sub>2</sub>)の不足分を二次空気供給手段により空気を供給することで補うことが出来る。

【0049】つまり、上記構成によれば、NO<sub>x</sub>触媒周囲の空燃比をよりリッチとすることが可能なため、NO<sub>x</sub>触媒のSO<sub>x</sub>被毒からの回復を短時間で行うことが出来ると同時に、酸化触媒周囲の空燃比を理論空燃比よりリーンまたは理論空燃比近傍とすることが可能なため、未燃成分の排出を抑制することが出来る。

【0050】また、本発明に係る内燃機関の排気浄化装置において、SO<sub>x</sub>被毒から回復させるNO<sub>x</sub>触媒またはその上流側に設置された排気浄化触媒は酸素保持能力のない触媒としても良い。

【0051】この理由としては、SO<sub>x</sub>被毒から回復さ

せるNO<sub>x</sub>触媒またはその上流側に設置される排気浄化触媒に酸素が存在すると、NO<sub>x</sub>触媒の周囲雰囲気空燃比を下げる妨げとなり、SO<sub>x</sub>被毒からの回復を疎外するためである。

【0052】尚、本発明に係る内燃機関にの排気浄化装置においては、より効果的に未燃成分の排出を防ぐために、SO<sub>x</sub>被毒から回復させるNO<sub>x</sub>触媒より下流側に設置される酸化触媒は酸素保持能力の高い触媒としても良い。

【0053】また、上述したような、第1の燃焼、即ち低温燃焼と、第2の燃焼、即ち通常燃焼とを切替える内燃機関においては、低温燃焼は低負荷領域で運転されているときに行われ、通常燃焼は中高負荷領域で運転されているときに行われる。

【0054】このような内燃機関の排気浄化装置においては、低負荷運転時には、低温燃焼では空燃比をリッチ空燃比または理論空燃比とすることが可能なため、燃焼室内の空燃比を第2の所定空燃比に制御することによって排気ガスの空燃比を第2の所定空燃比に制御するか、もしくは、低温燃焼下において、燃焼室内の空燃比を制御することによって排気ガスの空燃比を第1の所定空燃比とした後、燃焼室または排気通路の少なくとも一方に燃料を添加することによって排気ガスの空燃比を第2の所定空燃比に制御するかのいずれかの制御を行うことによりNO<sub>x</sub>触媒をSO<sub>x</sub>被毒からの回復させても良い。また、中高負荷運転時には、通常燃焼下において、燃焼室内の空燃比を制御することによって排気ガスの空燃比を第1の所定空燃比とした後、燃焼室または排気通路の少なくとも一方に燃料を添加することによって排気ガスの空燃比を間欠的に第2の所定空燃比に制御することによりNO<sub>x</sub>触媒をSO<sub>x</sub>被毒から回復させても良い。

【0055】上記したような内燃機関の排気浄化装置よれば、例えば、ディーゼル機関等のような、低負荷運転時には低温燃焼を行い、中高負荷運転時には通常燃焼を行う内燃機関においても、運転状態にかかわらずNO<sub>x</sub>触媒をSO<sub>x</sub>被毒から回復させることが出来る。

【0056】また、本発明に係る内燃機関の排気浄化方法は、排気通路に設けられたNO<sub>x</sub>触媒をSO<sub>x</sub>被毒から回復させるときに、最初に排気ガスの空燃比を第1の所定空燃比に制御し、その後、間欠的に前記第1の所定空燃比よりも過濃であり前記NO<sub>x</sub>触媒のSO<sub>x</sub>被毒からの回復が可能となる第2の所定空燃比に制御すると同時に、前記NO<sub>x</sub>触媒の温度を、前記NO<sub>x</sub>触媒のSO<sub>x</sub>被毒からの回復が可能であり、且つ、前記NO<sub>x</sub>触媒の劣化を促進しない所定温度範囲に制御することを特徴とする。

【0057】上記構成において、第1の所定空燃比は排出されるスモークの量が許容量の上限となる空燃比であり、第2の所定空燃比はリッチ空燃比または理論空燃比である。

【0058】本発明に係る内燃機関の排気浄化方法によれば、排気ガスの空燃比を第1の所定空燃比とした後、間欠的に第2の所定空燃比とすることによって、内燃機関の運転状態に係わらず、スモークの排出を抑制しつつNO<sub>x</sub>触媒をSO<sub>x</sub>被毒から回復させることが出来る。

【0059】また、最初に排気ガスの空燃比を第1の所定空燃比とすることによって、より正確に、且つ、より早く排気ガスの空燃比を第2の所定空燃比に制御することが可能となる。従って、排気ガスが過剰にリッチな空燃比となることによるNO<sub>x</sub>触媒の過昇温や未燃成分の排出を防止することが出来るとともに、NO<sub>x</sub>触媒をSO<sub>x</sub>被毒からより速やかに回復させることが出来る。

【0060】また、排気ガスの空燃比を間欠的にリッチ空燃比または理論空燃比とすることによって、NO<sub>x</sub>触媒の温度を上昇させるとともに、過昇温を防止する。そのため、NO<sub>x</sub>触媒の温度をSO<sub>x</sub>被毒からの回復が可能であり、且つ、劣化が促進されない温度に制御することが出来る。

【0061】また、排気ガスの空燃比が間欠的にリッチ空燃比または理論空燃比に制御されるということは、言い換えると排気ガスの空燃比は間欠的にリーン空燃比となる。そのため、NO<sub>x</sub>触媒がパティキュレートフィルタ等の酸素保持能力を備え排気ガス中の微粒子（例えば、煤）を酸化し浄化せしめる触媒であった場合、より効果的に排気中のスモークを浄化することが出来る。

【0062】また、内燃機関が、燃焼室に供給される吸入空気量を制御するスロットル弁と、燃焼室に再循環される再循環排気ガス量を制御する再循環排気ガス制御弁と、を備えている場合、排気ガスの空燃比を第1の所定空燃比に制御する方法としては、例えば、スロットル弁または再循環排気ガス制御弁の少なくとも一方の開度を制御することにより燃焼室内の空燃比を第1の空燃比に制御し、それによって排気ガスの空燃比を第1の空燃比に制御する方法を採用しても良い。

【0063】また、排気ガスの空燃比を第1の空燃比に制御した後、間欠的に第2の所定空燃比に制御する方法としては、燃焼室または排気通路の少なくとも一方への燃料の添加を制御する、つまり燃焼室または排気通路の少なくとも一方へ間欠的に燃料を添加する方法を採用しても良い。

【0064】また、排気通路にNO<sub>x</sub>触媒を備え、低温燃焼と通常燃焼とを選択的に切替える内燃機関の排気浄化方法においては、通常燃焼時にNO<sub>x</sub>触媒をSO<sub>x</sub>被毒から回復させる場合、燃焼室内の空燃比を制御することによって排気ガスの空燃比を第1の所定空燃比とした後、燃焼室または排気通路の少なくとも一方への燃料の添加を制御する、つまり燃料を間欠的に添加することによって排気ガスの空燃比を間欠的に第1の所定空燃比よりも過濃でありNO<sub>x</sub>触媒のSO<sub>x</sub>被毒からの回復が可能となる第2の所定空燃比に制御すると同時に、NO<sub>x</sub>



触媒の温度を前記 $\text{NO}_x$ 触媒の $\text{SO}_x$ 被毒からの回復が可能であり、且つ、 $\text{NO}_x$ 触媒の劣化を促進しない所定温度範囲に制御し、一方、低温燃焼時に $\text{NO}_x$ 触媒を $\text{SO}_x$ 被毒から回復させる場合、燃焼室内の空燃比を制御することによって排気ガスの空燃比を前記第2の所定空燃比に制御するか、もしくは燃焼室内の空燃比を制御することによって排気ガスの空燃比を前記第1の所定空燃比とした後、燃焼室または排気通路の少なくとも一方への燃料の添加を制御することによって排気ガスの空燃比を前記第2の所定空燃比に制御するか、もしくは排気ガスの空燃比を前記第2の所定空燃比に制御するかのいずれかの制御を行うと同時に、 $\text{NO}_x$ 触媒の温度を前記所定温度範囲に制御するようにしても良い。

【0065】上記したような内燃機関の排気浄化方法よれば、例えば、ディーゼル機関等のような、アイドリング時または低負荷運転時には低温燃焼を行い、中高負荷運転時には通常燃焼を行う内燃機関においても、運転状態にかかわらず $\text{NO}_x$ 触媒を $\text{SO}_x$ 被毒から回復させることが出来る。

【0066】本発明に係る内燃機関の排気浄化方法において、内燃機関が、 $\text{NO}_x$ 触媒より下流側の排気ガスに含まれている未燃成分を浄化するするために、 $\text{NO}_x$ 触媒より下流側の排気通路に酸化触媒を備えている場合、燃焼室または排気通路の少なくとも一方への燃料の添加を制御することによって酸化触媒を活性温度まで昇温させ、その後、排気ガスの空燃比を間欠的に第2の空燃比に制御し $\text{NO}_x$ 触媒を $\text{SO}_x$ 被毒から回復させるようにしても良い。

【0067】このような制御によれば、 $\text{NO}_x$ 触媒より下流側に設置された酸化触媒の排気浄化能力が高まった後で $\text{NO}_x$ 触媒からの $\text{SO}_x$ 被毒回復を行うことになるため、未燃成分の排出を低減することが出来る。

【0068】本発明に係る内燃機関の排気浄化方法において、内燃機関が、 $\text{NO}_x$ 触媒より下流側の排気ガスに含まれている未燃成分を浄化するするために、 $\text{NO}_x$ 触媒より下流側の排気通路に酸化触媒を備えている場合、該酸化触媒より下流側の排気ガスの空燃比が所定空燃比以上となるよう排気ガスの空燃比を制御しても良い。

【0069】例えば、酸化触媒の酸化能力が低下し、酸化触媒より下流側の排気ガスの空燃比が所定空燃比よりリッチとなる可能性があるときは、内燃機関の燃焼室または排気通路の少なくとも一方への燃料添加を減らすか、または、休止する等の制御によって排気ガスの空燃比を大きくする。

【0070】このような制御によれば、 $\text{NO}_x$ 触媒より下流側に設置された酸化触媒の排気浄化能力が低下した状態で排気ガスの空燃比が過剰にリッチとなることを防ぐことが出来、そのため未燃成分の排出を低減させることが出来る。

【0071】

【発明の実施の形態】続いて、本発明に係る内燃機関の

排気浄化装置および排気浄化方法に関し、その好適な実施の形態について説明する。

【0072】(第1の実施の形態)図1は、本実施の形態に係る内燃機関の排気浄化装置を希薄燃焼式内燃機関の一種である車両用ディーゼル機関の排気浄化装置に適用した場合を示している。本実施の形態に係る内燃機関1は4つの気筒2(燃焼室)の他、燃料供給系、吸気系、排気系、制御系などを備えている。

【0073】燃料供給系は、燃料噴射弁3、コモンレール(蓄圧室)4、燃料供給管5、燃料ポンプ6、などを備え、各気筒2に対して燃料供給を行っている。燃料噴射弁3は、各気筒2に対して夫々設けられる電磁駆動式の開閉弁であり、各燃料噴射弁3は、燃料の分配管となるコモンレール4に接続されている。また、コモンレール4は、燃料供給管5を介して燃料ポンプ6に連結されている。燃料ポンプ6のプリー6aは、ベルト7を介して内燃機関1の出力軸たるクランクシャフト1aに連結されている。燃料ポンプ6は、クランクシャフト1aの回転を駆動源として回転駆動されている。

【0074】このように構成された燃料供給系では、まず、燃料ポンプ6によって燃料タンク(図示略)内の燃料が汲み上げられる。汲み上げられた燃料は、燃料供給管5を介してコモンレール4に供給される。コモンレール4に供給された燃料は、コモンレール4内にて所定燃圧まで高められ、各燃料噴射弁3に分配される。そして、燃料噴射弁3に駆動電圧が印可され燃料噴射弁3が開弁すると、その燃料は、燃料噴射弁3を介して各気筒2の燃焼室内に噴射される。

【0075】一方、吸気系は、吸気管9、スロットル弁13、吸気枝管8、エアクリーナボックス10、インタークーラ16などを備え、各気筒2に対して空気(吸気)を供給する吸気通路を形成している。

【0076】吸気管9は、エアクリーナボックス10を介して吸入される吸気を吸気枝管8に導く通路を形成している。吸気枝管8は、吸気管9を経て流入する吸気を各気筒2に分配する通路を形成している。また、吸気管9とエアクリーナボックス10との連結部分近傍には、吸気管9に流れ込む吸気の温度を測定する吸気温度センサ44aを備えている。

【0077】また、エアクリーナボックス10からスロットル弁13に至る吸気管9には、吸入した吸気を圧縮するターボチャージャ15(コンプレッサハウジング15a)、及びターボチャージャ15にて圧縮した吸気を冷却するインタークーラ16を備え、さらに、ターボチャージャ15の上流には、吸気管9を通じて燃焼室2に流れ込む吸気の流量を計測するエアフロメータ45を備えている。

【0078】また、吸気枝管8の直上流には、吸気管9を通じて各気筒2に流れ込む吸気量を加減するスロットル弁13を備え、スロットル弁13の開度は、ステップ

モータなどにて構成されたアクチュエータ 14 によって制御されている。また、スロットル弁 13 の直下流には、吸気枝管 8 内の温度を測定する吸気温度センサ 44 b、及び吸気枝管 8 内の管内圧力を測定する吸気圧センサ 46 を備えている。

【0079】このように構成された吸気系では、まず、機関運転に伴う負圧の発生により各気筒 2 に供給されるべき吸気がエアクリーナボックス 10 に流れ込む。エアクリーナボックス 10 内に流入した吸気は、エアクリーナボックス 10 内にて塵や埃を除去された後、吸気管 9 を経てターボチャージャ 15 に流れ込む。ターボチャージャ 15 に流入した吸気は、コンプレッサホイール 15 a にて圧縮された後、インタークーラ 16 によって冷却される。そして、必要に応じてスロットル弁 13 での流量調節を受けた後、吸気枝管 8 内に流入する。吸気枝管 8 に流入した吸気は、各枝管を介して各気筒 2 に分配され、燃料噴射弁 3 から噴射供給された燃料と共に燃焼される。尚、各種センサの出力は、後述の電子制御ユニット 30 に入力されており、例えば、内燃機関の基本燃料噴射制御などにフィードバックされる。

【0080】排気系は、排気枝管 18、排気管 19 を備え、各気筒 2 から排出される排気ガスを機関本体外に排出する排気通路を形成している。また、EGR 装置 20、触媒コンバータ 50、還元剤添加装置 60、などを備え、排気ガス中に含まれる窒素酸化物 ( $\text{NO}_x$ ) や煤 (スモーク) 等を浄化せしめる排気浄化装置としての機能を有する。

【0081】まず、排気枝管 18 は、各気筒 2 毎に設けられた排気ポート 18 a に接続すると共にその排気ポート 18 a から排出された排気ガスを集合してターボチャージャ 15 のタービンハウジング 15 b に導く通路を形成している。また、排気管 19 は、タービンハウジング 15 b から図示しない消音器までの通路を形成している。

【0082】EGR 装置 20 は、EGR 通路 25、EGR 弁 26、EGR 装置 20 用の酸化触媒 28、EGR クーラ 27 等を備えている。

【0083】EGR 通路 25 は、排気枝管 18 と吸気枝管 8 とを接続する通路である。また、EGR 弁 26 は、EGR 通路 25 と吸気枝管 8 との接続部分に設けられた電気式の開閉弁であり、EGR 通路 25 内を流れる排気ガス量の調節を行っている。EGR 装置 20 用の酸化触媒 28 は、排気枝管 18 と EGR クーラ 27 とを接続する EGR 通路 25 中に配置され、排気枝管 18 から回り込む排気ガス中の未燃成分を浄化する。EGR クーラ 27 は、機関冷却水を熱媒体として、EGR 通路 25 内を流れる排気ガスの冷却を行っている。なお、以下の説明では、EGR 通路 25 を通じて吸気枝管 8 に流れ込む排気ガスを単に EGR ガスと称する。

【0084】このように構成された EGR 装置 20 によ

れば、排気枝管 18 内を流れる排気ガスの一部が EGR 通路 25 内に流入する。また、EGR 通路 25 内に流入した EGR ガス (排気ガス) は、EGR 装置 20 用の酸化触媒 28 を経て EGR クーラ 27 に流入する。EGR クーラ 27 に流入した EGR ガスは、EGR クーラ 27 を通過する際に冷却され、EGR 弁 26 の開弁量に即した流量で吸気枝管 8 に流れ込む。そして、吸気枝管 8 内に流入した EGR ガスは、吸気枝管 8 上流から流れ込む吸気と混ざり合いつつ混合気を形成し、燃料噴射弁 3 から噴射された燃料と共に燃焼に供される。

【0085】なお、EGR ガスとなる排気ガス中には、水蒸気 ( $\text{H}_2\text{O}$ ) や二酸化炭素 ( $\text{CO}_2$ ) などの不活性ガスが含まれている。このため不活性ガスたる排気ガスが燃焼室 2 内に流入すると、その排気ガスの混入に起因して燃焼温度は低下し、 $\text{NO}_x$  の生成は抑制される。また、EGR ガスの導入に伴い、燃焼室 2 内の酸素量も減るため、この点においても窒素 ( $\text{N}_2$ ) と酸素 ( $\text{O}_2$ ) との結びつきが抑制され、窒素酸化物 ( $\text{NO}_x$ ) の排出は抑制される。

【0086】続いて触媒コンバータ 50 に関して説明する。触媒コンバータ 50 は、ケーシング 51、及びそのケーシング 51 内に  $\text{NO}_x$  触媒を備え、機関本体 1 から排出される排気ガス中の有害物質を浄化せしめる排気浄化作用を有する。

【0087】より詳しくは、タービンハウジング 15 b の出口近傍にケーシング 51 が配置され、ケーシング 51 内には、排気ガス中の微粒子 (例えば、煤) や  $\text{NO}_x$  等を浄化するパティキュレートフィルタ (以下、単にフィルタと称する) 50 b を内蔵している。

【0088】フィルタ 50 b は、排気ガス中に含まれる微粒子 (例えば、煤) を酸化燃焼せしめる排気浄化作用を有している。より詳しくは、活性化酸素放出剤を担持したフィルタ 58 を備え、そのフィルタ 58 上に捕集した微粒子を活性化酸素にて酸化せしめることで除去 (浄化) する排気浄化作用を備えている。

【0089】フィルタ 50 b 単体は、図 2 に示されるようにコージライトのような多孔質材料から形成されたハニカム形状をなし、互いに平行をなして延びる複数個の流路 55、56 を具備している。より具体的には、下流端が栓 55 a により閉塞された排気ガス流入通路 55 と、上流端が栓 56 a により閉塞された排気ガス流出通路 56 と、を備え、各排気ガス流入通路 55 及び排気ガス流出通路 56 は薄肉の隔壁 57 を介して該フィルタ 58 における縦方向及び横方向に並んで配置されている。

【0090】また、隔壁 57 の表面および内部の細孔には、アルミナ ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 等によって形成された担体の層が設けられ、担体上には、白金 (Pt) 等の貴金属触媒の他、周囲に過剰酸素が存在するとその過剰酸素を吸蔵し、逆に酸素濃度が低下すると、その吸蔵した酸素を活性酸素の形で放出する活性酸素放出剤が担持されてい

る。

【0091】なお、活性酸素放出剤としては、カリウム (K)、ナトリウム (Na)、リチウム (Li)、セシウム (Cs)、ルビジウム (Rb) のようなアルカリ金属、バリウム (Ba)、カルシウム (Ca)、ストロンチウム (Sr) のようなアルカリ土類金属、ランタン (La)、イットリウム (Y) のような希土類、およびセリウム (Ce)、錫 (Sn) のような遷移金属から選ばれた少なくとも一つを用いると良い。

【0092】また、好ましくは、カルシウム (Ca) よりもイオン化傾向の高いアルカリ金属又はアルカリ土類金属、即ちカリウム (K)、リチウム (Li)、セシウム (Cs)、ルビジウム (Rb)、バリウム (Ba)、ストロンチウム (Sr) などを用いると良い。

【0093】このように構成されたフィルタ 50b では、まず、排気ガス流入通路 55→隔壁 57→排気ガス流出通路 56 の順に排気ガスが流れ (図 2 矢印 a)、排気ガス中に含まれる微粒子は、その隔壁 57 を通過する過程で、隔壁 57 の表面及び内部に捕集される。そして、隔壁 57 に捕集された微粒子は、隔壁 57 (フィルタ) に流れ込む排気ガスの酸素濃度を複数回に亘り変化させることにより活性化酸素によって酸化せしめられ、ついには輝炎を発することなく燃え尽きてフィルタ 58 上から除去される。

【0094】また、フィルタ 50b は排気ガス中の NOx を浄化せしめる排気浄化作用も有している。より詳しくは、フィルタ 50b に流れ込む排気ガスの酸素濃度が高いときにその排気ガス中の NOx を吸蔵し、排気ガス中の酸素濃度が低いとき、すなわちフィルタ 50b に流れ込む排気ガスの空燃比が低いときにその吸蔵していた NOx を二酸化窒素 (NO<sub>2</sub>) や一酸化窒素 (NO) の形で排気ガス中に還元・放出し、さらに NO<sub>2</sub> や NO を排気ガス中に含まれている未燃成分 (CO、HC) と酸化反応せしめることで窒素 (N<sub>2</sub>) に浄化する排気浄化能を有する。

【0095】しかしながら、本実施の形態に示す内燃機関 1 のようなディーゼル機関においては、通常、酸素過剰雰囲気下で燃焼が行われている。このため燃焼に伴い排出される排気ガスの酸素濃度は、上記の還元・放出作用を促す迄に低下することは殆どなく、また、排気ガス中に含まれる未燃成分 (CO、HC) の量も極僅かである。

【0096】従って、触媒コンバータ 50 より上流側の排気通路に還元剤たる燃料を添加することで、排気ガスの酸素濃度の低下を促すと共に未燃成分たる炭化水素 (HC) 等を補うことによってフィルタ 50b に吸蔵されていた NOx の還元・放出を促進させている。尚、排気通路への燃料添加は後述する還元剤添加装置 60 によって行われている。

【0097】続いて、還元剤添加装置 60 について説明

する。還元剤添加装置 60 は、還元剤添加弁 61、還元剤供給路 62、燃圧制御バルブ 64、燃圧センサ 63、緊急遮断弁 66、などを備え、還元剤として必要に応じて適切な量の燃料を触媒コンバータ 50 上流の排気通路に添加している。すなわち、触媒コンバータ 50 に流れ込む排気ガスの空燃比が目標空燃比となるように、還元剤たる燃料を排気ガス中に添加している。

【0098】還元剤添加弁 61 は、排気枝管 18 の集合部分に設けられ、所定電圧が印可されたときに開弁する電気式の開閉弁である。還元剤供給路 62 は、前記燃料ポンプ 6 によって汲み上げられた燃料の一部を還元剤添加弁 61 に導く通路を形成している。燃圧制御バルブ 64 は、還元剤供給路 62 の経路途中に配置され、還元剤供給路 62 内の燃圧を所定燃圧に維持している。燃圧センサ 63 は、還元剤供給路 62 内の燃圧を検出している。緊急遮断弁 66 は、還元剤供給路 62 内の圧力に異常が生じたとき、その還元剤供給路 62 内への燃料添加を停止する。

【0099】このように構成した還元剤添加装置 60 では、燃料ポンプ 6 から吐出した燃料を燃圧制御バルブ 64 にて所定燃圧に維持し、還元剤供給路 62 を通じて還元剤添加弁 61 に供給する。続いて、還元剤添加弁 61 に所定電圧を印可すると還元剤添加弁 61 が開弁状態となり、還元剤供給路 62 内の燃料は還元剤添加弁 61 を通じて排気枝管 18 内に添加される。排気枝管 18 に添加された燃料 (還元剤) は、タービンハウジング 15b 内にて攪拌された後、排気管 19 を経て触媒コンバータ 50 に流入する。したがって、触媒コンバータ 50 には、酸素濃度が低く、また未燃成分たる炭化水素 (HC) を含んだ排気ガスが流れ込むこととなり、フィルタ 50b に吸蔵されていた NOx の還元・放出が促進されることとなる。

【0100】続いて、制御系について説明する。制御系は、双方向性バス 31 によって互いに接続された ROM (リードオンリメモリ) 32、RAM (ランダムアクセスメモリ) 33、CPU (中央制御装置) 34、入力ポート 35、出力ポート 36 を備える、いわゆる電子制御ユニット 30 (ECU) である。

【0101】入力ポート 35 には、上記した各種センサの出力信号の他、アクセルペダル 40 の踏み込み量を検出する負荷センサ 41、クランクシャフト 1a の回転数を検知するクランク角センサ 42、車速を測定する車速センサ 43 等が対応した A/D 変換器 37 を介して、又は直接入力されている。一方、出力ポート 36 には、対応する駆動回路 38 を介して燃料噴射弁 3、還元剤添加弁 61、スロットル弁駆動用のアクチュエータ 14、EGR 弁 26、などが接続されている。

【0102】また、ROM 32 には、各種装置の制御プログラム、及びそのプログラムの処理時に参照される制御マップ等が各装置に対応して記録されている。また、

RAM 33 には、入力ポート 35 に入力された各種センサの出力信号、及び出力ポート 36 に出力した制御信号などを内燃機関の運転履歴として記録している。CPU 34 は、RAM 33 上に記録された各種センサの出力信号および ROM 32 上に展開された制御マップ等を所望のプログラム上にて比較し、その処理過程で出力される各種制御信号を前記の出力ポート 36 を介して対応する装置に出力し、各種装置を集中管理している。

【0103】たとえば、CPU 34 は、触媒コンバータ 50 下流に設けられた空燃比センサ (A/F センサ) 47 の出力信号からフィルタ 50 b に流れ込む排気ガスの空燃比を算出し、フィルタ 50 b の上流および下流に設けられた排気ガス温度センサ 48 a および 48 b の出力信号からフィルタ 50 b の温度を算出する。また、CPU 34 は、燃料噴射弁 3、還元剤添加弁 61、スロットル弁 13、EGR 弁 26 の開閉時期または開度等を制御することによりフィルタ 50 b に流れ込む排気ガスの空燃比を制御する。

【0104】ところで、上記したフィルタ 50 b では、先の従来技術にも説明したように排気ガス中に含まれる硫黄酸化物 ( $\text{SO}_x$ ) をも  $\text{NO}_x$  同様に吸蔵する。また、その吸蔵メカニズムは以下のメカニズムと考えられている。

【0105】まず、フィルタ 50 b に流れ込む排気ガスの空燃比が高いときには、担体上に担持されている白金 (Pt) 上に排気ガス中の酸素  $\text{O}_2$  が  $\text{O}_2^-$  又は  $\text{O}^{2-}$  の形で付着している。このため排気ガス中の硫黄酸化物 ( $\text{SO}_x$ ) は、窒素酸化物 ( $\text{NO}_x$ ) と同様に白金 (Pt) 上で酸化され  $\text{SO}_3^-$  や  $\text{SO}_4^-$  なる。

【0106】次いで、この生成された  $\text{SO}_3^-$  や  $\text{SO}_4^-$  は、白金 (Pt) 上でさらに酸化され硫酸イオン ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) となり、酸化バリウム ( $\text{BaO}$ ) と結合しながらフィルタ 50 b に吸蔵される。また、吸蔵された硫酸イオン ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) は時間の経過と共にバリウムイオン ( $\text{Ba}^{2+}$ ) と結合して化学的に安定した硫酸塩 ( $\text{BaSO}_4$ ) となる。

【0107】このようにして  $\text{SO}_x$  は吸蔵されると考えられている。ところで  $\text{SO}_x$  の吸蔵に伴い生成される硫酸塩 ( $\text{BaSO}_4$ ) は結晶が粗大化し易く、また化学的に安定していて分解し難い物質である。このため  $\text{NO}_x$  の還元・放出と同様に流入排気ガスの空燃比を低下させたとしても、一旦吸蔵された  $\text{SO}_x$  は容易に放出されることなく、硫酸塩 ( $\text{BaSO}_4$ ) として蓄積される。

【0108】硫酸塩 ( $\text{BaSO}_4$ ) の蓄積量が過多になると  $\text{NO}_x$  の吸放出作用に寄与できる酸化バリウム ( $\text{BaO}$ ) の量も自ずと減り、従って、フィルタ 50 b においては活性酸素の放出量が減り、微粒子の酸化燃焼に寄与できるフィルタ面積も減る。また、窒素酸化物 ( $\text{NO}_x$ ) の吸蔵能も低下することとなる。即ち、 $\text{NO}_x$  を吸

蔵・還元する排気浄化触媒の排気浄化率を低下させる、いわゆる「 $\text{SO}_x$  被毒」を生じさせる。

【0109】次に、フィルタ 50 b の  $\text{SO}_x$  被毒回復のための条件を説明する。フィルタ 50 b に吸蔵された  $\text{SO}_x$  を放出させるには、フィルタ 50 b の温度を  $\text{NO}_x$  還元時よりも高温 (例えば  $600 \sim 700^\circ\text{C}$ ) に昇温させ、蓄積されている硫酸バリウム ( $\text{BaSO}_4$ ) を  $\text{SO}_3^-$  及び  $\text{SO}_4^-$  に熱分解する。同時に、フィルタ 50 b に流れ込む排気ガスの空燃比を理論空燃比よりリッチな空燃比あるいは理論空燃比近傍とし、硫酸バリウム ( $\text{BaSO}_4$ ) の熱分解により生成された  $\text{SO}_3^-$  や  $\text{SO}_4^-$  を、排気ガス中の炭化水素 (HC) 及び一酸化炭素 (CO) と反応させて気体状の  $\text{SO}_2^-$  に還元し、フィルタ 50 b に流れ込む排気ガスと共にその気体状の  $\text{SO}_2^-$  を放出させる。

【0110】しかしながら、上述したように、本実施の形態に係る内燃機関 1 においては、通常、酸素過剰雰囲気下で燃焼が行われているため、排気ガスの空燃比も非常に大きい状態にある (例えば、 $A/F = 25 \sim 40$ )。

【0111】そこでフィルタ 50 b の  $\text{SO}_x$  被毒回復を行う時は、最初に、スロットル弁 13 または / および EGR 弁 26 の開度を制御することによって燃焼室内の空燃比を制御し、フィルタ 50 b に流れ込む排気ガスの空燃比を、排出されるスモークの量が許容量の上限となる第 1 の所定空燃比 (例えば、 $A/F = 20 \sim 25$ ) にまで小さくする。そして、排気ガスの空燃比を第 1 の所定空燃比とした後、還元剤添加装置 60 によって触媒コンバータ 50 より上流側の排気通路に燃料を間欠的に添加することによって、図 3 に示すように、フィルタ 50 b に流れ込む排気ガスの空燃比を間欠的に、吸蔵された  $\text{SO}_x$  が還元・放出される空燃比、即ち、理論空燃比またはリッチ空燃比である第 2 の所定空燃比とするよう制御し、また、フィルタ 50 b の温度を、吸蔵された  $\text{SO}_x$  が還元・放出され、且つ、フィルタ 50 b の劣化が促進されない所定温度 (例えば、 $600^\circ\text{C} \sim 700^\circ\text{C}$ ) に制御する。

【0112】本実施の形態に係る内燃機関の排気浄化装置によれば、酸素過剰雰囲気下で燃焼が行われている場合であっても、排気ガスの空燃比が間欠的に第 2 の所定空燃比となることによって、図 3 に示すように、フィルタ 50 b に吸蔵された  $\text{SO}_x$  が排気ガス中に還元・放出されるため、スモークの排出を抑制しつつフィルタ 50 b を  $\text{SO}_x$  被毒から回復させることが出来る。

【0113】また、周囲雰囲気空燃比が小さくなるとフィルタ 50 b の温度は上昇するため、フィルタ 50 b に流れ込む排気ガスの空燃比を継続的に理論空燃比またはリッチ空燃比とすると、フィルタ 50 b の温度が過剰に上昇し、フィルタ 50 b の劣化を促進させる虞があるが、本実施の形態に係る内燃機関の排気浄化装置によれ

ば、排気ガスの空燃比を間欠的に第2の所定空燃比とすることによって、フィルタ50bの温度を、SO<sub>x</sub>被毒からの回復が可能であり、且つ、フィルタ50bの劣化が促進されない温度範囲に制御する。そのため、フィルタ50bの劣化を抑制することが出来る。

【0114】また、最初に燃焼室の空燃比を制御することによって排気ガスの空燃比を第1の所定空燃比とすることにより、排気ガスの空燃比が通常の状態（例えば、A/F=25~40）にあるときに排気ガス中に燃料を添加する場合と比べて、より正確に、且つ、より早く排気ガスの空燃比を第2の所定空燃比に制御することが可能となる。従って、排気ガスの空燃比が過剰にリッチな空燃比となることによるNO<sub>x</sub>触媒の過昇温や未燃成分の排出を防止することが出来るとともに、フィルタ50bをSO<sub>x</sub>被毒からより速やかに回復させることが出来る。

【0115】また、本実施の形態に係る内燃機関の排気浄化装置において、排気ガスの空燃比を間欠的に第2の所定空燃比に制御するための排気通路への燃料添加は、間欠的に行われ、フィルタ50bの温度が、SO<sub>x</sub>被毒からの回復が可能となる温度（例えば、600℃）以下のときは燃料が添加され、フィルタ50bの劣化が促進される温度（例えば、700℃）以上となる可能性のあるときは燃料添加は休止される（例えば、9秒間の添加と13秒間の休止とを繰り返す）としても良い。

【0116】燃料添加が休止されると、排気ガスの空燃比が大きくなり、フィルタ50bの温度は急速に低下するため、フィルタ50bの劣化を抑制することが出来るとともに次の燃料添加が可能となる。従って、上記のように燃料の添加と添加休止とを繰り返すことによってフィルタ50bをSO<sub>x</sub>被毒から回復させるとともにフィルタ50bの劣化を抑制することが出来る。

【0117】また、図5に示すとおり、フィルタ50bに流入する排気ガスの量が多いほど燃料添加によるフィルタ50bの温度上昇率は高くなるため、燃料添加の時間間隔または添加する燃料の量を内燃機関1の運転状態に応じて調整しても良い。

【0118】また、本実施の形態に係る内燃機関の排気浄化装置によれば、還元剤添加装置60による排気通路への燃料添加は間欠的に行なわれるため、図3に示すように、フィルタ50bに流れ込む排気ガスの空燃比は間欠的にリーン空燃比となる。即ち、理論空燃比またはリッチ空燃比の排気ガスとリーン空燃比の排気ガスが交互にフィルタ50bに流入することになるため、図4に示すとおり、フィルタ50bに捕集された微粒子が酸化されることになる。そのため、より効果的にスモークの排出を抑制することが出来る。

【0119】尚、本実施の形態に係る内燃機関の排気浄化装置においては、燃焼室内において、機関出力を得るために噴射される主噴射以外の副噴射を燃料噴射弁3か

ら間欠的に行うことによって、排気ガスの空燃比を間欠的に第2の所定空燃比に制御しても良い。また、この場合、主噴射以外の副噴射を、各気筒2内において機関出力を得るための燃料が燃焼されピストンが膨張行程または排気行程にあるときに、さらに燃焼室内に燃料を噴射するポスト噴射としても良い。

【0120】本実施の形態に係る内燃機関の排気浄化装置においては、触媒コンバータ50内に設置するNO<sub>x</sub>触媒を酸素保持能力（活性酸素放出剤）を備えたパティキュレートフィルタとしたが、酸素保持能力のないNO<sub>x</sub>触媒としても良い。

【0121】この場合、NO<sub>x</sub>触媒の周囲雰囲気空燃比を小さくすることが容易となる、即ち、第2の所定空燃比に制御することが容易となるため、このNO<sub>x</sub>触媒のSO<sub>x</sub>被毒からの回復をより効率的に行うことが可能となる。

【0122】（第2の実施の形態）次に、本発明に係る内燃機関の排気浄化装置および排気浄化方法の第2の実施の形態について説明する。

【0123】図6は、本実施の形態に係る内燃機関および内燃機関の排気浄化装置を示している。本実施の形態に係る内燃機関1は、排気系の触媒コンバータ50内においてフィルタ50bの上流側に排気浄化触媒50aを備えている。その他の構成は、上述した第1の実施の形態と同様である。

【0124】本実施の形態によれば、触媒コンバータ50に流入する排気ガス中のNO<sub>x</sub>または未燃成分（CO、HC）が排気浄化触媒50aによって酸化または還元されるため、そのときの反応熱によって、フィルタ50bの温度分布がフィルタ50b単体で配置した場合よりも均一化されることになる。従って、フィルタ50bの温度制御を容易に行うことが可能となる。

【0125】尚、触媒コンバータ50内において、フィルタ50bを単体で配置した時のフィルタ50bの温度分布を図7に、排気浄化触媒50aをフィルタ50bの上流に直列に配置した時のフィルタ50bの温度分布を図8に示す。

【0126】また、本実施の形態に係る排気浄化触媒50aは酸素保持能力のない触媒としても良い。

【0127】この場合、フィルタ50bの周囲雰囲気空燃比を小さくすることが容易となる、即ち、第2の所定空燃比に制御することが容易となるため、フィルタ50bのSO<sub>x</sub>被毒からの回復をより効率的に行うことが可能となる。

【0128】フィルタ50bの上流側に設置される排気浄化触媒50aとしては、酸化触媒や吸蔵還元型NO<sub>x</sub>触媒を例示することができる。

【0129】（第3の実施の形態）次に、本発明に係る内燃機関の排気浄化装置および排気浄化方法の第3の実施の形態について説明する。

【0130】図9は、本実施の形態に係る内燃機関および内燃機関の排気浄化装置を示している。本実施の形態に係る内燃機関1は、排気系において、触媒コンバータ50より下流側の排気管19に酸化触媒コンバータ59を備えており、この酸化触媒コンバータ59の内部には酸化触媒59aが設置されている。さらに、酸化触媒コンバータ59の下流側の排気管19には排気ガス温度センサ67及び空燃比センサ68が設置されている。その他の構成は、上述した第2の実施の形態と同様である。

【0131】排気ガス温度センサ67及び空燃比センサ68の出力信号も、第1の実施の形態における各種センサの出力信号と同様に入力ポート35を介し、ECU30に読み込まれる。また、排気ガス温度センサ48bおよび67の出力信号からCPU34によって酸化触媒59aの温度は算出される。また、酸化触媒コンバータ59より下流の排気ガスの空燃比は空燃比センサ68によって検出される。

【0132】本実施の形態に係る内燃機関の排気浄化装置において、酸化触媒コンバータ59は触媒コンバータ50よりも下流側に設置されているため、内燃機関1の運転中、酸化触媒コンバータ59に内蔵されている酸化触媒59aの温度は、フィルタ50bの温度より低くなっている（例えば、フィルタ50bの温度が約300℃のとき、酸化触媒59aは約250℃となっている）。

【0133】そこで、フィルタ50bをSO<sub>x</sub>被毒から回復させる場合、酸化触媒59の温度が活性温度となるように排気通路への間欠的な燃料添加を徐々に行い、酸化触媒59の温度が活性温度となった後、排気ガスの空燃比が間欠的に第2の空燃比となるよう還元剤添加装置60による燃料添加を制御する。

【0134】本実施の形態に係る内燃機関の排気浄化装置によれば、酸化触媒59aの排気浄化能力が高まった後に、フィルタ50bのSO<sub>x</sub>被毒回復が行われるため、SO<sub>x</sub>被毒回復に伴い発生する未燃成分が酸化触媒59aにおいて浄化されることとなるため、未燃成分の排出を低減することが出来る。

【0135】また、酸化触媒59aを活性温度に昇温させるために燃料を添加するとき、酸化触媒59aの温度が低い程、添加する燃料の量を多くし、また、燃料を添加するときの時間間隔を長くしても良い。

【0136】このような制御により、酸化触媒59aを速やかに活性温度まで昇温させることが出来る。

【0137】また、本実施の形態に係る内燃機関の排気浄化装置において、酸化触媒59aの酸化能力の低下等により、酸化触媒コンバータ59より下流側の排気ガスの空燃比が所定空燃比よりリッチとなる可能性があるときは、排気通路へ添加する燃料の量を減らすか、または、燃料添加を休止するとしても良い。

【0138】このような制御により、酸化触媒コンバータ59に内蔵された酸化触媒の排気浄化能力が低下した

状態で排気ガスの空燃比が過剰にリッチになることを防ぐことが出来、そのため未燃成分の排出を抑制することが出来る。

【0139】また、本実施の形態に係る内燃機関の排気浄化装置において、酸化触媒59aを酸素保持能力の高い、即ち酸化能力の高い触媒とすることによって、未燃成分の排出をより効果的に抑制することが可能となる。

【0140】また、本実施の形態に係る内燃機関の排気浄化装置において、酸化触媒59aを昇温させるための燃料添加は、燃焼室内において、機関出力を得るために噴射される主噴射以外の副噴射を燃料噴射弁3から間欠的に行うことによってなされても良い。

【0141】（第4の実施の形態）次に、本発明に係る内燃機関の排気浄化装置および排気浄化方法の第4の実施の形態について説明する。

【0142】図10は、本実施の形態に係る内燃機関および内燃機関の排気浄化装置を示している。本実施の形態に係る内燃機関1は、排気系において、触媒コンバータ50より下流側、且つ酸化触媒コンバータ59より上流側の排気管19に二次空気供給装置69を備えている。その他の構成は、上述した第3の実施の形態と同様である。

【0143】二次空気供給装置69は二次エアポンプ70と二次空気流量調節弁71を有しており、排気管19を介して酸化触媒コンバータ59に空気を供給する。また、二次空気供給装置69による空気供給はCPU34によって制御される。

【0144】本実施の形態に係る内燃機関の排気浄化装置によれば、例えば、フィルタ50bのSO<sub>x</sub>被毒回復を促進するために還元剤添加装置60による排気通路への機関燃料の添加を多めに行った場合、触媒コンバータ50より下流の排気ガス中の未燃成分を酸化触媒コンバータ59に内蔵されている酸化触媒上で浄化するために必要とされる酸素（O<sub>2</sub>）が不足するが、そのO<sub>2</sub>の不足分を空気供給装置69により空気を供給することで補うことが出来る。

【0145】つまり、フィルタ50bに流入する排気ガスの空燃比をよりリッチとすることが可能となるため、フィルタ50bのSO<sub>x</sub>被毒からの回復を効率的に行うことが出来るとともに、空気供給装置69によって空気を供給することにより酸化触媒59aに流入する排気ガスの空燃比をリーン空燃比または理論空燃比近傍とすることが可能なため、未燃成分の排出を抑制することも出来る。

【0146】（第5の実施の形態）次に、本発明に係る内燃機関の排気浄化装置および排気浄化方法の第5の実施の形態について説明する。

【0147】本実施の形態においては、内燃機関1を、燃料噴射時期を固定した状態で、燃焼室内に供給されるEGRガス量を増大させた場合は煤の発生量が次第に

増大してピークに達し、燃焼室内に供給されるEGRガスを更に増大させた場合は燃焼室内における燃焼時の燃料およびその周囲のガス温が煤の生成温度よりも低くなって煤の発生量が抑制される第1の燃焼と、煤の発生量がピークとなるEGRガス量よりも燃焼室内に供給されるEGRガス量が少ない第2の燃焼とを選択的に切換える、即ち低温燃焼と通常燃焼とを選択的に切換える内燃機関とする。本実施の形態に係る内燃機関1のその他の構成は前述した第1の実施の形態に係る内燃機関1と同様である。

【0148】図11は、実際の実験結果に即して得られたグラフであり、燃焼室内における混合気のEGR率と、その混合気が燃焼することによって発生するスモーク量との相関関係を示している。

【0149】この図11からもわかるように、スモークの発生量は、EGR率約40%~50%の間でピークに達し、EGR率55%以上の領域では、スモークがほとんど発生しない状態になる。したがって、EGR率55%以上、好ましくはEGR率65%以上の領域で機関運転を行えば、スモークの排出量を略ゼロの状態

で機関運転を行うことが出来る。なお、スモークの発生量が略ゼロとなるEGR率は、EGRガスをEGRクーラ27等にて冷却することにより低下させることが可能である。

【0150】ところが、EGR率65%以上での運転では、空気量の不足や燃焼圧力の低下によって十分に機関出力が得られないといった不具合が生じる。一方、十分に機関出力が得られるEGR率40%未満の領域では、スモークの発生が僅かながら見られるものの、その発生量は、EGR率40%~50%の運転領域に較べて十分に少ないものとなっている。

【0151】したがって、本実施の形態に係る内燃機関1では、さほど機関出力を要しない低負荷運転時にはEGR率を65%以上に維持して機関運転を行い、十分な機関出力を要求される高負荷運転時には、EGR率を40%未満に抑えながら機関運転を行うことで、スモークの発生を抑制しながら快適な運転状態を確保している。

【0152】すなわち、本実施の形態に係る内燃機関1では、スモークの発生量がピークに達するEGR率40%~50%での運転を避けるように、燃焼状態をステップ状に切り換えることで煤の排出抑制と運転性の両立を確保している。

【0153】尚、本実施の形態において、第1の燃焼、即ち低温燃焼とは上記した高EGR率で実現される燃焼状態であり、一方、第2の燃焼、即ち通常燃焼とは低EGR率で実現される燃焼状態である。

【0154】また、上記に例示した数値すなわちEGR率の具体的数値は、あくまでも一例であり、その数値は、適用される内燃機関固有の燃焼特性や、EGRガスの冷却温度によって若干変化するものである。但し、ス

モークの排出特性すなわちピークの存在などは、内燃機関全般に共通して言えるものである。

【0155】次に、本実施の形態に係る内燃機関の排気浄化装置において、フィルタ50bをSO<sub>x</sub>被毒から回復させるときの制御について説明する。

【0156】上述したような低温燃焼では燃焼温度が低いため、スモークを発生させることなく燃焼室の空燃比をリッチ空燃比または理論空燃比とすることが出来る。

【0157】そのため、内燃機関1が低負荷運転を行っているとき、即ち低温燃焼を行っているときには、スロットル弁13または／およびEGR弁26の開度を制御することによって燃焼室内の空燃比を制御し、フィルタ50bに流れ込む排気ガスの空燃比を、吸蔵されたSO<sub>x</sub>が還元・放出される空燃比、即ち、理論空燃比またはリッチ空燃比である第2の空燃比とするとともに、フィルタ50bの温度を、吸蔵されたSO<sub>x</sub>が還元・放出され、且つ、フィルタ50bの劣化が促進されない所定温度とすることによってフィルタ50bをSO<sub>x</sub>被毒から回復させるとしても良い。

【0158】また、内燃機関1が低負荷運転を行っているとき、即ち低温燃焼を行っているときには、最初に、スロットル弁13または／およびEGR弁26の開度を制御することによって燃焼室内の空燃比を制御し、フィルタ50bに流れ込む排気ガスの空燃比を排出されるスモークの量が許容量の上限となる第1の空燃比とする。そして、排気ガスの空燃比を第1の所定空燃比とした後、還元剤添加装置60によって触媒コンバータ50より上流側の排気通路に燃料を添加することによって、フィルタ50bに流れ込む排気ガスの空燃比を第2の所定空燃比とするよう制御するとともに、フィルタ50bの温度を所定温度に制御することによりフィルタ50bをSO<sub>x</sub>被毒から回復させるとしても良い。

【0159】また、内燃機関1が高負荷運転を行っているとき、即ち通常燃焼を行っているときには、上述した第1の実施の形態と同様に、最初に、スロットル弁13または／およびEGR弁26の開度を制御することによって燃焼室内の空燃比を制御し、フィルタ50bに流れ込む排気ガスの空燃比を第1の空燃比とする。そして、排気ガスの空燃比を第1の所定空燃比とした後、還元剤添加装置60によって触媒コンバータ50より上流側の排気通路に燃料を間欠的に添加することによって、フィルタ50bに流れ込む排気ガスの空燃比を間欠的に第2の所定空燃比とするよう制御するとともに、フィルタ50bの温度を所定温度に制御することによりフィルタ50bをSO<sub>x</sub>被毒から回復させるとしても良い。

【0160】本実施の形態に係る内燃機関の排気浄化装置よれば、運転状態に応じて低温燃焼と通常燃焼と切換える内燃機関においても、運転状態にかかわらずフィルタ50bをSO<sub>x</sub>被毒から回復させることが出来る。

【0161】尚、図12に本実施の形態に係る内燃機関



の排気浄化装置において、フィルタ 50b を SO<sub>x</sub> 被毒から回復させることが可能な内燃機関の運転領域を示す。

【0162】図 12 に示すように、フィルタ 50b の耐熱温度が高くなれば、SO<sub>x</sub> 被毒から回復させることができる運転領域は広がることになる。

【0163】また、上述した第 1 から第 4 の実施の形態と同様に、本実施の形態においても、還元剤添加装置 60 による排気通路への燃料添加を、燃焼室内への燃料の副噴射としても良い。

【0164】

【発明の効果】本発明に係る内燃機関の排気浄化装置および排気浄化方法によれば、内燃機関の運転状態に係わらず、スモークの排出および NO<sub>x</sub> 触媒の劣化を抑制しつつ NO<sub>x</sub> 触媒を SO<sub>x</sub> 被毒から回復させることが出来る。

【0165】また、NO<sub>x</sub> 触媒がパティキュレートフィルタ等の酸素保持能力を備え排気ガス中の微粒子を酸化し浄化せしめる触媒であった場合、理論空燃比またはリッチ空燃比の排気ガスとリーン空燃比の排気ガスとが交互に流入することによって排気中の微粒子が浄化されることになるため、より効果的にスモークの排出を抑制しつつ NO<sub>x</sub> 触媒を SO<sub>x</sub> 被毒から回復させることが出来る。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施の形態に係る内燃機関及び内燃機関の排気浄化装置の概略構成図。

【図 2】パティキュレートフィルタの内部構造を説明するための図。

【図 3】排気通路に間欠的に燃料を添加したときの排気ガスの空燃比とパティキュレートフィルタの温度及び排気中に放出された SO<sub>x</sub> 量の関係を示すグラフ。

【図 4】燃料の添加が間欠的に行われているときのパティキュレートフィルタ差圧を示す図。

【図 5】排気ガスの流量と燃料の添加によるパティキュレートフィルタの上昇温度を示すグラフ。

【図 6】第 2 の実施の形態に係る内燃機関及び内燃機関の排気浄化装置の概略構成図。

【図 7】パティキュレートフィルタの上流側に排気浄化触媒を配置した場合のパティキュレートフィルタの温度分布を示すためのグラフ。

【図 8】パティキュレートフィルタを単体で配置した場合のパティキュレートフィルタの温度分布を示すためのグラフ。

【図 9】第 3 の実施の形態における内燃機関及び内燃機関の排気浄化装置の概略構成図。

【図 10】第 4 の実施の形態における内燃機関及び内燃機関の排気浄化装置の概略構成図。

【図 11】スモークの発生量と EGR 率との相関関係を示すグラフ。

【図 12】SO<sub>x</sub> 被毒回復を行うことが可能な内燃機関の運転領域を示すグラフ。

【符号の説明】

- 1 内燃機関
- 1 a クランクシャフト
- 2 気筒（燃焼室）
- 3 燃料噴射弁
- 4 コモンレール
- 5 燃料供給管
- 10 6 燃料ポンプ
- 6 a プーリ
- 8 吸気枝管
- 9 吸気管
- 10 エアクリーナボックス
- 12 吸気温度センサ
- 13 スロットル弁
- 14 アクチュエータ
- 15 ターボチャージャ
- 15 a コンプレッサハウジング
- 20 15 b タービンハウジング
- 16 インタークーラ
- 18 排気枝管
- 18 a 排気ポート
- 19 排気管
- 20 EGR 装置
- 25 EGR 通路
- 26 EGR 弁
- 27 EGR クーラ
- 28 EGR 装置の酸化触媒
- 30 30 電子制御ユニット
- 31 双方向性バス
- 35 入力ポート
- 36 出力ポート
- 37 A/D 変換器
- 38 駆動回路
- 40 40 アクセルペダル
- 41 負荷センサ
- 42 クランク角センサ
- 43 車速センサ
- 44 a 吸気温度センサ
- 44 b 吸気温度センサ
- 45 エアフロメータ
- 46 吸気圧センサ
- 47 空燃比センサ
- 48 a 排気ガス温度センサ
- 48 b 排気ガス温度センサ
- 50 50 触媒コンバータ
- 50 a 排気浄化触媒触媒
- 50 b パティキュレートフィルタ
- 50 51 ケーシング

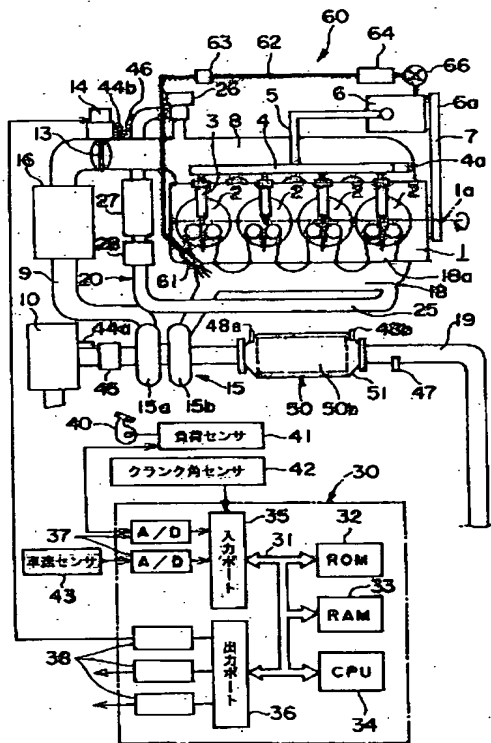


- 55 排気ガス流入通路
- 55a 栓
- 56 排気ガス流出通路
- 56a 栓
- 57 隔壁
- 58 フィルタ
- 59 酸化触媒コンバータ
- 59a 酸化触媒
- 60 還元剤添加装置
- 61 還元剤添加弁

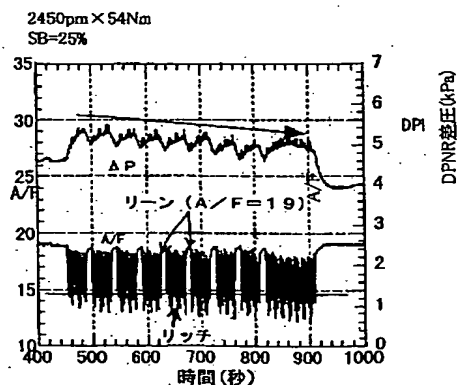
- \* 62 還元剤供給路
- 63 燃圧センサ
- 64 燃圧制御バルブ
- 66 緊急遮断弁
- 67 排気ガス温度センサ
- 68 空燃比センサ
- 69 二次空気供給装置
- 70 二次エアープンプ
- 71 二次空気流量調整弁

\*10

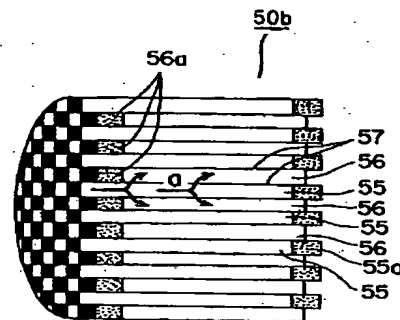
【図1】



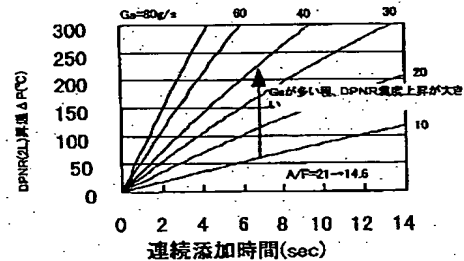
【図4】



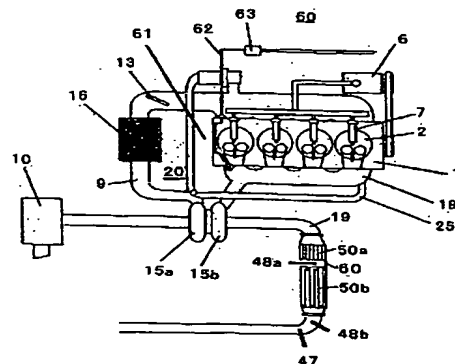
【図2】



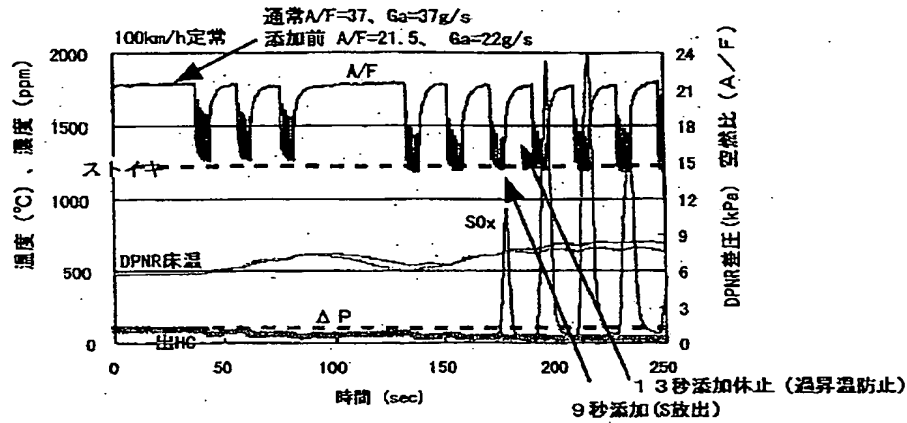
【図5】



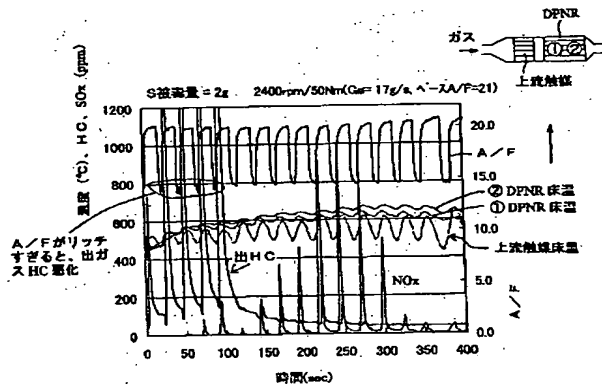
【図6】



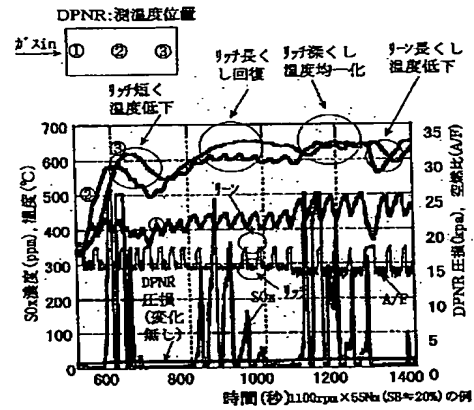
【図3】



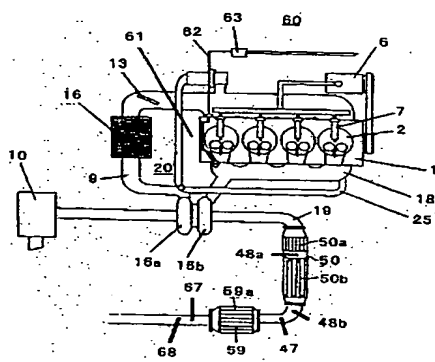
【図7】



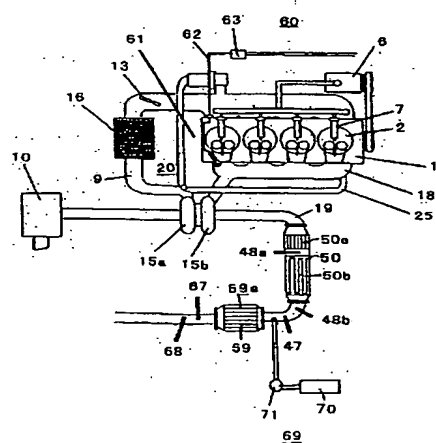
【図8】



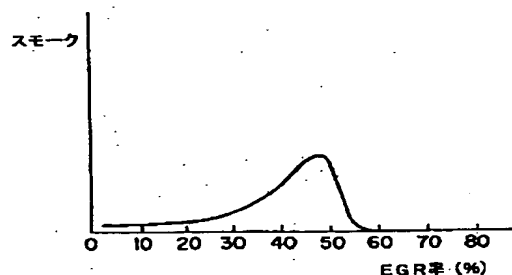
【図9】



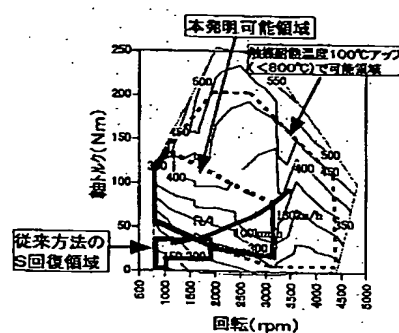
【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>		識別記号	F I		テーマコード' (参考)	
F 0 1 N	3/02		F 0 1 N	3/02	3 2 1 D	3 G 3 0 1
					3 2 1 H	
	3/08			3/08	A	
					G	
	3/10			3/10	A	
	3/18			3/18	E	
	3/20			3/20	E	
	3/22	3 0 1		3/22	3 0 1 M	
	3/24			3/24	R	
					S	
	3/28	3 0 1		3/28	3 0 1 C	
					3 0 1 D	
F 0 2 D	21/08	3 0 1	F 0 2 D	21/08	3 0 1 A	
					3 0 1 F	
					3 0 1 H	
	41/38			41/38	B	
					C	
					D	
	41/40			41/40	F	
	43/00	3 0 1		43/00	3 0 1 K	
					3 0 1 N	
					3 0 1 T	
F 0 2 M	25/07	5 7 0	F 0 2 M	25/07	5 7 0 J	

(72) 発明者 大木 久  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 小林 正明  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 柴田 大介  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

F ターム(参考) 3G062 AA01 BA04 BA05 BA06 BA07  
CA06 DA02 ED08 ED09 FA05  
GA01 GA02 GA08 GA09 GA12  
GA17 GA25

3G084 AA01 BA04 BA09 BA13 BA15  
BA20 BA24 BA25 CA03 DA10  
DA19 EA07 EA11 EB06 EB08  
EB16 FA00 FA02 FA05 FA07  
FA11 FA20 FA26 FA27 FA38

3G090 AA03 BA01 DA09 DA10 DA12  
DA18 DA19 DA20 EA02 EA05  
EA06 EA07

3G091 AA02 AA10 AA11 AA18 AA28  
AB02 AB06 AB13 BA00 BA04  
BA11 BA14 BA15 BA19 BA33  
CA13 CA18 CA22 CB02 CB03  
CB07 CB08 DA01 DA02 DB10  
EA00 EA01 EA03 EA05 EA06  
EA07 EA15 EA17 EA31 EA34  
EA39 FB02 FB03 FB10 FB11  
FB12 FC02 FC07 FC08 GA06  
GA18 GA20 GB01X GB02W  
GB03W GB04W GB05W GB06W  
GB10X GB16X HA09 HA14  
HA15 HA16 HA36 HA37 HA42  
HB05 HB06

3G092 AA02 AA06 AA17 AA18 AB03  
BA07 BB05 BB06 BB14 DC09  
DC14 DC15 DC16 DE03S  
DE09S DE11S DF09 EA05  
EA11 EC03 EC08 FA17 FA18  
FA20 GA05 HA01Z HA04Z  
HA05Z HA11Z HB03Z HD01Z  
HD02Z HD05Z HE03Z HF21Z

3G301 HA02 HA04 HA11 HA13 JA24  
JA25 JA29 JA33 KA08 LA08  
LB06 LB11 LC02 MA01 MA19  
MA22 MA23 MA25 NA07 NC02  
ND04 NE13 PA01Z PA07Z  
PA10Z PA17Z PB08Z PD02Z  
PD11Z PD12Z PD15A PE03Z  
PF01Z